

Produktywność oraz wartość energetyczna biomasy wierzb krzewiastych *Salix* sp. na różnych typach gleb w pradolinie Wisły*

Stefan Szczukowski, Józef Tworowski

*Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
pl. Łódzki 3, 10-724 Olsztyn*

Słowa kluczowe: krzewiaste wierzb, plon biomasy, wartość kaloryczna
drewna

Szacuje się, że w Polsce około 1,8 mln ha gruntów (9,7% UR) jest wyłączonych z rolniczego użytkowania i pozostaje w charakterze ugorów, a głównie odłogów [7, 25], w tym istotny udział stanowią gleby mineralne i organiczne w dolinach rzek. Problemem w pradolinie Wisły, w rejonie Kwidzyna, są nieużytkowane gospodarczo łąki, które wcześniej były zmeliorowane i zagospodarowane [23]. Aktualnie istniejące urządzenia melioracyjne ulegają dewastacji, a niekoszone użytki zielone wykazują zubożenie składu florystycznego. Analogiczna sytuacja występuje w wielu regionach kraju: dolina Odry i Iny [14], Sanu i Strugu [26]. Pewnym rozwiązaniem byłoby wykorzystanie części tych gleb pod plantacje szybko rosnących krzewiastych wierzb (*Salix* sp.).

Bioenergia pozyskiwana z szybko rosnących krzewiastych wierzb uprawianych na plantacjach polowych staje się sferą ogromnego zainteresowania wielu ośrodków naukowych w Europie [3, 4, 5, 8, 10, 13, 17] i Stanach Zjednoczonych [15, 16]. Produkcja biomasy *Salix* sp. na użytkach rolnych daje możliwość wykorzystania również gruntów koniunkturalnie wyłączanych z produkcji żywności [2] oraz skażonych. Biomasa może być pozyskiwana co 2–3 lata na tym samym podkładzie korzeniowym

*

Praca wykonana w ramach grantu KBN Nr 5 P06B 036 13.

w ciągu 25 lat. Ocenia się, że przyrosty szybko rosnących form *Salix* sp. na plantacjach polowych są około 14 razy większe niż w lesie naturalnym [18].

Wierzbowy surowiec energetyczny ma tę właściwość, że jest odtwarzającym się źródłem, w odróżnieniu od surowców kopalnych, których zasoby są ograniczone. Ponadto spalane drewno jest znacznie mniej szkodliwe dla środowiska niż węgiel. Istnieje więc wizja zrównoważonego i przyjaznego dla środowiska produkowania energii odnawialnej [9, 19, 20].

Uwzględniając potrzebę zagospodarowania gleb mineralnych i organicznych w pradolinie Wisły, przeprowadzono dwa doświadczenia polowe [21, 22], których celem było określenie przydatności mady ciężkiej i gleby mułowo-murszowej do uprawy wybranych form *Salix* sp. oraz ustalenie potencjału produkcyjnego i kaloryczności drewna w zależności od gęstości sadzenia i częstotliwości zbioru i nawożenia mineralnego.

Produktywność *Salix* sp. uprawianej na glebie mineralnej

W latach 1996–1999 prowadzono doświadczenie polowe [21] trzyczynnikowe w 4 powtórzeniach w Oborach koło Kwidzyna na madzie ciężkiej wytworzonej z gliny ciężkiej pylastej, kompleks 8, zbożowo-pastewny mocny, kl. IIIb.

Czynnik pierwszy stanowiły klony *Salix* sp.: Rapp Valne (numer w kolekcji — 1051), Ulv Valne (1052), Orm Valne (1053), *Salix viminalis* 082 (1054), *Salix viminalis* var. *gigantea* (1047), *Salix viminalis* cul. Piaskówka (1040).

Czynnikiem drugim była gęstość sadzenia zrzesów: 20, 40, 60 tys. szt. · ha⁻¹, co odpowiada rozstawie: 0,66 × 0,75 m, 0,33 × 0,75 m, 0,22 × 0,75 m.

Czynnik trzeci stanowiła częstotliwość zbioru pędów: co rok, co 2 lata, co 3 lata. Zbiór biomasy przeprowadzano w styczniu.

W obu doświadczeniach określono plon biomasy (t · ha⁻¹ · rok⁻¹), zawartość wody w drewnie oraz obliczono plon suchej masy drewna (t · ha⁻¹ · rok⁻¹). Wartość kaloryczną drewna określono za pomocą kalorymetrii bezpośredniej (oznaczono energię brutto w MJ · kg⁻¹ suchej masy) oraz określono zawartość popiołu.

Plony biomasy *Salix* sp. zbierane w cyklu 3-letnim, w doświadczeniu na madzie ciężkiej (okresowo nadmiernie wilgotnej) były bardzo wysokie, wahały się od 34,18 do 49,38 t · ha⁻¹ · rok⁻¹, a średnio wyniosły 39,84 t · ha⁻¹ · rok⁻¹ (tab. 1). Dane te są porównywalne z wynikami, jakie uzyskuje się w doświadczeniach polowych w Szwecji [6, 10] i Wielkiej Brytanii [3, 13]. W gospodarce leśnej w polskich warunkach plonowanie wierzby wynosi około 16 t świeżego drewna z 1 ha rocznie w rotacji 3-letniej [27]. Booth [3] oraz Perttu [17] twierdzą, że prowadzenie upraw krzewiastych wierzby przez leśników nie przynosi oczekiwanych rezultatów, przekazano je rolnikom, ponieważ plantacje te muszą być prowadzone w sposób bardzo intensywny, wówczas uzyskuje się pożądane efekty.

Tabela 1. Plon biomasy *Salix* sp. ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$) [21]

Numer klonu w kolekcji (a)	Częstotliwość zbioru pędów corocznie				co 2 lata				co 3 lata			
	liczba wysadzonych zrzezów [tys. szt. $\cdot ha^{-1}$] (b)											
	20	40	60	średnio	20	40	60	średnio	20	40	60	średnio
1051*	18,47	23,70	35,75	25,97	29,74	28,08	32,14	29,99	35,71	36,53	35,20	35,81
1052*	33,76	38,48	35,12	35,79	32,52	32,52	40,40	35,15	41,73	42,24	42,24	42,07
1053*	22,34	38,27	30,34	30,32	31,53	33,44	37,19	34,05	40,20	41,01	41,53	40,91
1054*	29,89	41,72	49,54	40,38	31,06	38,95	41,17	37,06	48,16	49,38	46,93	48,16
1047*	22,89	31,09	41,34	31,77	26,63	30,76	33,06	30,15	37,96	37,65	38,67	38,09
1040*	16,76	18,28	24,11	19,72	22,12	26,71	29,74	26,17	34,18	34,48	33,36	34,01
Średnio	24,02	31,92	36,04	30,66	28,84	31,75	35,61	32,09	39,66	40,22	39,66	39,84
NIR _{0,05}	a — 1,74	b — 0,76	a × b — 2,31	a — 3,13	b — 2,43	a × b — ni	a — 4,47	b — ni	a × b — ni	a × b — ni	a × b — ni	a × b — ni

* wszystkie formy z gatunku *Salix viminalis*.

Tabela 2. Plon suchej masy drewna *Salix* sp. ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$) [21]

Liczba wysadzonych zrzeczów [tys. szt. ha^{-1}]	Częstotliwość zbioru pędów			Średnio
	corocznie	co 2 lata	co 3 lata	
20	11,41	14,49	21,47	15,72
40	15,41	16,05	21,70	17,72
60	17,17	17,65	21,40	18,74
Średnio	14,66	16,06	21,52	17,41
NIR _{0,05}	0,43	1,36	ni	0,92

Plon suchej masy drewna w badaniach własnych był wysoki, średnio wyniósł $17,41 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ i wahał się w doświadczeniu od $11,41$ do $21,70 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$, najwyższy był, gdy pędy *Salix* sp. pozyskiwano w cyklu 3-letnim (tab. 2). Potwierdza to ustalenia innych autorów [3, 11, 13].

Oplącalność ekonomiczną uprawy *Salix* sp. uzyskuje się w Szwecji, gdy produkcja drewna przekracza $12 t \text{ s.m.} \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Produktywność plantacji krzewiastych wierzb założonych na gruntach ornym utrzymuje się na poziomie $12\text{--}15 t \text{ s.m.}$ z $1 ha$ w roku. W ostatnich latach powierzchnia szwedzkich plantacji energetycznych zwiększyła się znacznie, aktualnie przekracza 35 tys., a do 2010 roku prognozuje się tam uprawiać ponad 500 tys. ha [24]. Natomiast w USA, na północy stanu Nowy Jork w pobliżu Syracuse, pilotażowe i wdrożeniowe plantacje krzewiastych wierzb na cele energetyczne zajmują powierzchnię 1100 ha, a do 2010 będzie się tam uprawiać 20 tys. ha tych roślin [15].

Zawartość wody w drewnie *Salix* sp. była zróżnicowana i wyniosła w czasie zbioru pędów jednorocznych 52,1%, a 3-letnich 46%, natomiast wartość kaloryczna drewna odpowiednio: $18,63$ i $19,27 MJ \cdot kg^{-1} \text{ s.m.}$ (tab. 3).

Tabela 3. Zawartość wody i popiołu w pędach *Salix* sp. oraz ich wartość kaloryczna [21]

Częstotliwość zbioru pędów	Zawartość wody w świeżej masie pędów [%]	Wartość kaloryczna drewna [$MJ \cdot kg^{-1} \text{ s.m.}$]	Zawartość popiołu [% s.m.]	Wartość kaloryczna węgla [$MJ \cdot kg^{-1} \text{ s.m.}$]
Corocznie	52,1	18,63	2,12	
Co 2 lata	50,1	19,25	1,87	30,00
Co 3 lata	46,0	19,27	1,28	
Średnio	49,39	19,04	1,76	30,00

Ager i in. [1] badali liczne klony krzewiastych wierzb i wykazali, że wilgotność drewna pędów jednorocznych wahała się od 50,4 do 61,7%, a ich kaloryczność od $19,0$ do $20 MJ \cdot kg^{-1} \text{ s.m.}$

Po spopieleniu drewna *Salix* sp. wykazano bardzo niską zawartość popiołu — od 2,12% (u pędów 1-rocznych) do 1,28% (u 3-letnich), co jest bardzo korzystne przy

jego energetycznym wykorzystaniu. Ponadto otrzymany popiół może być bezpośrednio — bez jakiegokolwiek uszlachetniania — użyty jako nawóz mineralny.

W uproszczonej kalkulacji wykazano, że plon 3-letnich pędów wyrażony w suchej masie drewna ($18,74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) jest równoważny energetycznie 12,0 tonom węgla kamiennego (tab. 4).

Tabela 4. Plon suchej masy drewna i energii brutto w przeliczeniu na rok użytkowania plantacji oraz w przeliczeniu na wartość energetyczną węgla kamiennego [21]

Częstotliwość zbioru pędów	Plon suchej masy drewna [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$]	Energia brutto [$\text{GJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$]	Energia wyrażona w tonach węgla kamiennego [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$]
Corocznie	15,79	294,16	9,81
Co 2 lata	17,72	341,11	11,37
Co 3 lata	18,74	361,12	12,03
Średnio	17,41	332,13	11,07

Produktywność *Salix* sp. uprawianej na glebie organicznej

Drugie doświadczenie polowe dwuczynnikowe [22] prowadzono w latach 1995–1998 w Okrągłej Łące koło Kwidzyna, na glebie mułowo-murszowej, na torfie, w czterech powtórzeniach.

Czynnik pierwszy stanowiło nawożenie mineralne: kontrola — bez stosowania nawożenia; nawożenie: N — 40, P_2O_5 — 60, K_2O — 80 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Nawożenie roślin przeprowadzono co roku wczesną wiosną. Czynnikiem drugim była częstotliwość zbioru pędów: co rok, co 2 lata, co 3 lata. W doświadczeniu tym badano klon *Salix viminalis* var. *gigantea* (1047), zrzesy wysadzono w zagęszczeniu 100 tys. sztuk na hektar.

Zastosowane nawożenie: N — 40, P_2O_5 — 60, K_2O — 80 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na rośliny *Salix viminalis* var. *gigantea* dało istotny wzrost biomasy pędów z jednostki powierzchni w porównaniu z kombinacjami nienawożonymi (tab. 5). Zmniejszenie częstotliwości zbioru do 2-letniego cyklu dało istotny wzrost plonów biomasy w porównaniu ze zbiorem w cyklu rocznym. Natomiast dalsze jego zmniejszanie spowodowało tylko tendencję wzrostu masy drewna (odpowiednio 30,27 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w cyklu 3-letnim i 27,66 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w cyklu 2-letnim). W rzeczywistości plon biomasy zbieranej co 3 lata w doświadczeniu wyniósł średnio 90,81 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w obiekcie z nawożeniem przekroczył 102 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Plony suchej masy drewna *Salix viminalis* var. *gigantea* zbierane w cyklu jedno-rocznym w doświadczeniu wyniosły średnio 11,0 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$; istotnie rosły, gdy rośliny były zbierane w cyklu 2-letnim (14,53 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), dalsze opóźnianie zbioru powodowało tylko tendencję wzrostu masy drewna. Nawożenie mineralne dało istotny wzrost suchej masy drewna w porównaniu z nienawożoną kontrolą. Powyższą za-

Tabela 5. Plon biomasy, suchej masy drewna, wartość kaloryczna oraz zawartość wody w drewnie *Salix viminalis* var. *gigantea* [22]

Cecha	Nawożenie mineralne (a)						NIR 0,05		
	kontrola bez nawożenia								
	nawożenie N 40 P 60 K 80								
	częstotliwość zbioru (b)								
	corocznie	co 2 lata	co 3 lata	średnio	corocznie	co 2 lata	co 3 lata	średnio	
Plon biomasy [t · ha ⁻¹ · rok ⁻¹]	19,87	24,53	26,50	23,63	25,47	30,79	34,03	30,09	a – 1,66 b – 3,65 a × b – 4,18
Plon s.m. drewna [t · ha ⁻¹ · rok ⁻¹]	9,67	12,89	14,44	12,33	12,33	16,17	18,37	15,62	a – 2,29 b – 1,35 a × b – 2,73
Zawartość wody w drewnie [%]	50,9	47,42	45,51	47,94	51,60	47,49	46,03	48,37	a – 0,43 b – 0,45 a × b – ni
Kaloryczność drewna [MJ · kg ⁻¹ s. m.]	19,38	19,16	19,45	19,33	19,11	19,33	19,34	19,26	a – ni b – ni a × b – ni

leżność potwierdzają wcześniejsze badania prowadzone z dwoma gatunkami krzewiastych wierzb na glebie murszowej [4]. Najwyższy plon suchej masy drewna uzyskano w kombinacji, w której zastosowano nawożenie mineralne, a rośliny zbierano w cyklu 3-letnim ($18,37 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). Prawdopodobnie wprowadzone do gleby nawozy mineralne, a szczególnie potas, którego duży niedobór stwierdzono w glebie, stymulowały wzrost i plonowanie roślin. Brak potasu w glebach murszowych jest częstym powodem ograniczającym rozwój i plonowanie roślin *Salix* sp. [4].

Ważnym aspektem w uprawie *Salix* sp. na glebie organicznej jest możliwość szybszej niż na glebach mineralnych degeneracji roślin na plantacji na skutek ubytków. W omawianym doświadczeniu w czwartym roku uprawy ubytki te wynosiły ponad 50% w stosunku do stanu wyjściowego. W znacznym stopniu przyczyniła się do tego samoregulacja roślin (planowane zagęszczenie $100 \text{ tys. roślin} \cdot \text{ha}^{-1}$) i silne zachwaszczenie powojem (*Convolvulus arvensis* L.).

Wartość kaloryczna drewna była wysoka, średnio wynosiła $19,00 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Nawożenie i częstotliwość zbioru nie wpłynęły na wartość kaloryczną drewna.

Podsumowanie

Szybko rosnące krzewiaste wierzby (*Salix* sp.) uprawiane na gruntach ornych w pradolinie Wisły stanowią poważne źródło odnawialnego, ekologicznego paliwa, które może być wykorzystane w lokalnej energetyce.

Plon suchej masy drewna sześciu form *Salix viminalis* rosnących na madzie ciężkiej wynosił średnio $17,41 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, natomiast *Salix viminalis* var. *gigantea* uprawiana na glebie mułowo-murszowej wydała $15,62 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Zawartość wody w drewnie *Salix* sp. była zróżnicowana i wynosiła w czasie zbioru pędów jednorocznych 52%, a trzyletnich 46%, natomiast wartość kaloryczna drewna odpowiednio: $18,6$ i $19,3 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m., a zawartość popiołu 2,12% (u pędów jednorocznych) i 1,28% (u trzyletnich).

Wskazano na dwa wysokopienne, o korzystnych cechach gospodarczych klony w obrębie gatunku *Salix viminalis* (1047, 1054), które po uzupełniających testach produkcyjnych będą mogły być zalecane do zakładania plantacji energetycznych.

Istnieje potrzeba kontynuowania badań w celu doskonalenia sposobu uprawy, zbioru, rozdrabniania biomasy jej spalania, aż do uzyskania energii cieplnej. Konieczne byłoby przeprowadzenie bilansu energii i analizy ekonomicznej tego przedsięwzięcia, aby uzyskać jednoznaczną odpowiedź: czy warto będzie inwestować w tego typu innowacje?

-
- [1] Ager A., Rönnerberg-Westljung A.C., Thorsén J., Sirén G. 1986. Genetic improvement of willow for energy forestry in Sweden. Sveriges Lantbruks-Universitet, Avd. för eneriskog, Rapport. 43: 50 ss.
- [2] Anonim 1995. Kommission der Europäischen Gemeinschaften Bericht der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über Zweck und Modalitäten der Durchführung der besonderen Flächenstillegung. Brüssel.
- [3] Booth T.C. 1988. Agroforestry and Growing Wood Energy. *Forestry Commission* 17: 95–101.
- [4] Bukiewicz H., Dzieciołowski W., Mocek A. 1985. Wpływ nawożenia mineralnego gleb murszowych na plonowanie krzewostanów wiklinowych odmian Piaskówka i Engela. *Rocz. AR w Poznaniu* CLXVI: 3–19.
- [5] Białobok S. 1990. Możliwości wykorzystywania wierzb w Polsce dla potrzeb energetycznych. W: Wierzby *Salix alba* L., *Salix fragilis* L., PWN, Warszawa-Poznań.
- [6] Dahlgren L. 1999. The need of R&D contributions and measures of stimulants for bio energy from the agricultural sector. *J. of the Swedish Seed Assoc.* 109(2): 104–111.
- [7] Dzieńka S. 1998. Zasady gospodarowania na terenach czasowo wyłączonych z produkcji rolnej. *Bibliotheca Agronomica* 5: 13–24.
- [8] Friedrich H. 1995. Production conditions for managing fast-growing tree species by coppicing on short rotations on agricultural areas. *Holzzucht.* 49: 8–14.
- [9] Kowalik P. 1998. Aktualny stan i perspektywy wykorzystania energii biomasy w Polsce. Międzynarodowe Seminarium. Odnawialne źródła energii w strategii rozwoju zrównoważonego. IBMER, Warszawa: 94–97.
- [10] Larsson S. 1998. Genetic improvement of willow for short-rotation coppice. *Biomass and Bioenergy* 15(1): 23–26.
- [11] Ledin S. 1996. Willow wood properties, production and economy. *Biomass and Bioenergy* 11(2–3): 75–83.
- [12] Maciak F., Okruszko H., Jeżewski J. 1973. Przydatność siedlisk na średnio głębokich torfach do uprawy wikliny przemysłowej. *Rocz. Nauk Rol. Seria D* 149: 1–71.
- [13] Macpherson G. 1995. Home -Grown Energy from Short-rotation Coppice. Farming Press North America: 214 ss.
- [14] Niedźwiecki E., Meller E., Malinowski R. 1998. Wartość i przydatność rolnicza odłogowanych gleb Pomorza Zachodniego. *Bibliotheca Agronomica* 5: 35–43.
- [15] Nowak C.A., Volk T.A., Ballard B., Abrahamson L.P. 1999. The Role and Process of Monitoring Willow Biomass Plantations. Biomass A Growth Opportunity in Green Energy and Value-added Products. Proceedings of the 4th Biomass Conference of the Americas, vol. 1: 25-30.
- [16] Overend R.P., Cornet E., Biomass A. 1999. Growth Opportunity in Green Energy and Value-added Products Proceedings of the 4th Biomass Conference of the Americas, 2 vol. ss. 1892.
- [17] Perttu K.L. 1993. Biomass production and nutrient removal from municipal wastes using willow vegetation filters. *J. of Sustainable Forestry* 1(3): 57–70.

- [18] Staffa K. 1965. Studia nad szybko rosnącymi wierzbami jako surowcem dla przemysłu celulozowo-papierniczego. *Hodowla Rośl. Aklim. i Nas.* 9(2): 180–224, cz.II i III, 3: 320–338.
- [19] Szczukowski S., Tworkowski J., Wiwart M., Przyborowski J. 1998. Wiklina (*Salix sp.*). Uprawa i możliwości wykorzystania. Wydawnictwo ART, Olsztyn: 60 ss.
- [20] Szczukowski S., Tworkowski J., Kwiatkowski J. 1998. Możliwości wykorzystania biomasy *Salix sp.* pozyskiwanej z gruntów ornych jako ekologicznego paliwa oraz surowca do produkcji celulozy i płyt wiórowych. *Post. Nauk Rol.* 2: 53–63.
- [21] Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M. 2000. Biomasa krzewiastych wierzb (*Salix sp.*) pozyskiwana na gruntach ornych odnawialnym źródłem energii. Międzynarodowa Konferencja „Gospodarowanie w rolnictwie zrównoważonym u progu XXI wieku”. Puławy 1–2 czerwca. *Pam. Puł.* 120: 421–428.
- [22] Szczukowski S., Tworkowski J. 2000. Produktywność wierzb krzewiastych *Salix sp.* na glebie organicznej. Konferencja „Ochrona i rekultywacja gruntów” Instytut Ochrony Środowiska. Baranowo Sandomierskie 14–16 czerwca. *Inżynieria Ekologiczna* 1: 138–144.
- [23] Szczukowski S. 2000. Krzewiaste wierzby (*Salix sp.*) źródłem energii i surowców. Referat wygłoszony na posiedzeniu Wydziału VII PAN — oddział we Wrocławiu. 18 kwietnia.
- [24] Wilstrand M. 1999. *Salix* — Establishment and harvesting. *J. of the Swedish Seed Assoc.* 109(2): 97–103.
- [25] Woś A. 1995. Ekonomia odnawialnych zasobów naturalnych. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa: 349 ss.
- [26] Woźniak L., Woźniak M. 1998. Możliwości i zasady zagospodarowania doliny Sanu i doliny Strugu pod kątem wykorzystania odłogów i nieużytków oraz ograniczenia negatywnych skutków zalewów powodziowych. *Bibliotheca Agronomica* 5: 74–80.
- [27] Zajączkowski K., Załęski A. 1993. Możliwości produkcyjne drzew szybko rosnących w plantacyjnej uprawie na gruntach porolnych. Materiały I Krajowej Konferencji „Las-Drewno-Ekologia '93” Poznań: 133–152.

Productivity and heating value of biomass of fast growing coppice willow (*Salix sp.*) grown on different soil in Vistula river basin

Key words: coppice willow, yield of biomass, wood heating value

Summary

Fast growing willow (*Salix sp.*) is grown on arable soils in Vistula river basin and it might be considered as an important source of renewable ecological fuel, especially in local scale.

Yield of willow wood dry matter of six *Salix viminalis* forms grown on heavy alluvial soil amounted to $17.41 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$, whereas *Salix viminalis* var. *gigantea*

grown on moorsh soil yielded $15.62 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$. Moisture content in willow wood varied ranging from 52 to 46% for one- and three-year shoots, respectively. Wood heating value amounted to 18.6 and 19.3 $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, crude ash content 2.12% and 1.28%, for one and three-year shoots, respectively.

Two high yielding and showing other beneficial features clones of *Salix viminalis*, namely 1047 and 1054, were selected. Mentioned forms, after trials focused on productivity, might be in close future recommended for growing on willow plantations.

To answer an essential question — will the investment in innovative production of willow be profitable? — the energy balance and economic analysis seem to be necessary.